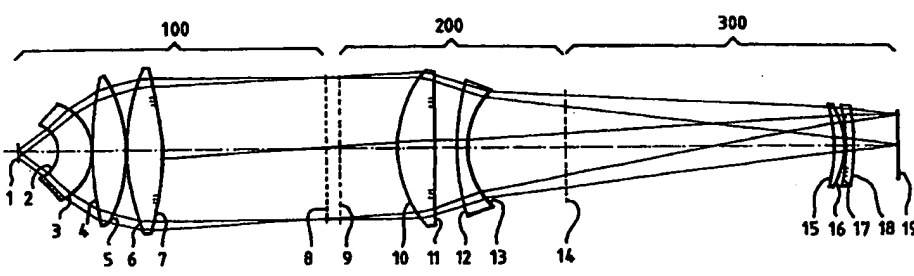


10/607.193
✓



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation⁶ : G02B 13/18, 13/22, G03F 7/20		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/28644
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. Juli 1998 (02.07.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/06760 (22) Internationales Anmeldedatum: 3. Dezember 1997 (03.12.97) (30) Prioritätsdaten: 196 53 983.8 21. Dezember 1996 (21.12.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser GB JP KR US): CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE). (71) Anmelder (nur für GB JP KR): CARL-ZEISS-STIFTUNG handelnd als CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHULTZ, Jörg [DE/DE]; Bohlstrasse 29, D-73430 Aalen (DE). WANGLER, Jo- hannes [DE/DE]; An der Reute 15, D-89551 Königsbronn (DE). SCHUSTER, Karl-Heinz [DE/DE]; Rechbergstrasse 24, D-89551 Königsbronn (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(54) Title: RETICULAR OBJECTIVE FOR MICROLITHOGRAPHY-PROJECTION EXPOSURE INSTALLATIONS (54) Bezeichnung: REMA-OBJEKTIV FÜR MIKROLITHOGRAPHIE-PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGEN			
			
(57) Abstract <p>A reticular objective is realized by introduction of a few (3-5 units) aspherical lenses (7, 11, 17) of high-quality correction with a low number of lenses (few that 10), and low path in glass (maximum 25-30 % of the object-reticle distance), thus enhancing efficiency.</p>			
(57) Zusammenfassung <p>Ein REMA-Objektiv wird durch Einführung weniger (3-5 Stück) Asphären (7, 11, 17) bei hochwertiger Korrektur mit geringer Linsenzahl (bis 10) und wenig Glasweg (25-30 % maximal des Objekt-Retikel-Abstands) realisiert, so daß der Wirkungsgrad erhöht ist.</p>			

BEST AVAILABLE COPY

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauritanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung:

REMA-Objektiv für Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen

Die Erfindung betrifft ein REMA-Objektiv. Dies ist ein Objektiv, mit dem eine Retikel-Maskiereinrichtung (REMA) in die Ebene des Retikels, das die strukturierte Maske für die Lithographie trägt, abgebildet wird. Der auf dem Retikel ausgeleuchtete Bereich wird damit scharf berandet. Gewöhnlich ist die Retikel-Maskiereinrichtung mit verstellbaren Schneiden aufgebaut. Die Abbildung ist normalerweise vergrößernd.

Ein REMA-Objektiv gelangt in Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen (Stepper oder Scanner) zum Einsatz.

Aus DE-U 94 09 744 ist eine Beleuchtungseinrichtung für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage bekannt, bei der in angegebener Reihenfolge vorgesehen sind: Lichtquelle, Verschuß, Einkoppelobjektiv (Zoom-Axicon), Glasstab als Integrator, Retikel-Masking-System, REMA-Objektiv zur Abbildung der im Retikel-Masking-System liegenden Zwischenfeldebene auf das Retikel, enthaltend eine erste Linsengruppe, eine Pupillen-Zwischenebene, eine zweite Linsengruppe, einen Umlenkspiegel, eine dritte Linsengruppe und die Retikel-Ebene mit dem Retikel. Danach folgt ein Projektionsobjektiv, das normalerweise verkleinert und - zum Beispiel bei nicht telezentrischem Eingang - eine innenliegende Pupillenebene enthält, dann der Wafer in der Bildebene.

In dem System nach EP 0 526 242 A1 ist nach dem Integrator, hier ein Wabenkondensor, zunächst ein Projektionsobjektiv vorgesehen, bevor das Retikel-Masking-System folgt. Über zwei Linsengruppen und Spiegel ist das Retikel-Masking-System zur Retikel-Ebene optisch konjugiert, wird also abgebildet. Zugleich wird die Blende am Austritt des Integrators - die sekundäre Lichtquelle - durch die zwei Linsengruppen und Teile des Projektionsobjektivs auf die Pupille des Projektions-

objektivs abgebildet. Zu Bildfehlern wird dabei nichts ausgesagt.

In der WO 95/32446 der Anmelderin ist ein höchstaperturiges katadioptrisches Reduktionsobjektiv für die Mikrolithographie beschrieben, zu dessen Ausführungsbeispiel nach Figur 3 und Tabelle 2 das hier gezeigte Ausführungsbeispiel eines REMA-Objektivs genau passend ist.

Die erst nach dem Prioritätstag vorveröffentlichte Patentanmeldung DE-A 195 48 805 vom 27.12.1995 beschreibt REMA-Objektive mit ausschließlich sphärischen Linsenflächen. Das dortige Ausführungsbeispiel hat 13 Linsen und ist in seinen optischen Eigenschaften dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel (Fig.1) sehr ähnlich. Beide REMA-Objektive passen hinsichtlich ihrer Pupillenfunktion hervorragend zu dem Projektionsobjektiv der WO 95/32446.

Die genannte WO-Schrift wie die DE-A 195 48 805 und die DE-U sind daher ausdrücklich Teil der Offenbarung dieser Patentanmeldung.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein REMA-Objektiv anzugeben, das erheblich weniger Grenzflächen - an denen Reflexionsverluste auftreten - und erheblich weniger Glasweg - in dem Absorption erfolgt - aufweist und somit einen wesentlich verbesserten Transmissionswirkungsgrad hat. Bei den optischen Eigenschaften können dabei keine Abstriche gemacht werden.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein REMA-Objektiv mit wenigen, höchstens vier bis fünf, Asphären nach einem der unabhängigen Ansprüche 1 oder 2 und durch eine komplette Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 16.

An sich ist bekannt, daß Asphären neue Korrekturmöglichkeiten eröffnen und dadurch Linsen eingespart werden können. Es ist aber auch klar, daß Asphären den Herstell- und Qualitätsprüfungsaufwand drastisch erhöhen, so daß sie hinsichtlich

ihrer Zahl und ihrer Abweichung von der Sphärenform sparsam eingesetzt werden müssen.

Überraschend ist es gelungen, mit nur drei bis vier, höchstens fünf, Asphären, deren Abweichungen von der Sphärizität mäßig sind, die Linsenzahl und den Glasweg jeweils unter 60 % zu reduzieren. Die hohen Anforderungen an ein REMA-Objektiv werden dabei weiterhin erfüllt, der Wirkungsgrad (die Transmission) ist jedoch deutlich erhöht.

Anspruch 1 macht diese Beziehung deutlich. Anspruch 2 ist am Aufbau orientiert, mit Kondensor-, Zwischen- und Feldlinsenteil.

Die Unteransprüche 3 bis 15 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen.

Anspruch 3 quantifiziert den reduzierten Glasweg auf unter 30 %, vorzugsweise unter 25 %, des Objekt-Retikel-Abstands.

Die Ansprüche 7 und 8 betreffen dabei die Anpassung an die spezielle bevorzugte Umgebung mit REMA am Ausgang eines Glasstabs bzw. mit einem verkleinernden katadioptrischen Projektionsobjektiv.

Anspruch 15 beschreibt die Anpassung an die Pupillenfunktion eines Projektionsobjektivs mit sehr guter Telezentrie mit sehr geringen Abweichungen. Die geringen Abweichungen der Hauptstrahlen des Projektionsobjektivs von der Parallelität werden also vom REMA-Objektiv sehr gut getroffen.

Der unabhängige Anspruch 16 nimmt für eine gesamte Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage diese gute Anpassung des REMA-Objektivs mit den beschriebenen wenigen Elementen an das zugehörige Projektionsobjektiv auf.

Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Zeichnungen.

- Figur 1 zeigt den Linsenschnitt eines REMA-Objektivs mit drei Asphären;
- Figur 2 zeigt ein Mikrolithographie-Projektionsbelichtungssystem schematisch;
- Figur 3 zeigt eine vorgegebene Pupillenfunktion;
- Figur 4 zeigt im Beispiel realisierte Abweichungen der Pupillenfunktion zu Figur 3; und
- Figur 5 zeigt den Linsenschnitt eines anderen Ausführungsbeispiels mit vier Asphären.

Das Ausführungsbeispiel eines REMA-Objektivs mit dem Linsenschnitt der Figur 1 hat die Daten der Tabelle 1. Es besteht aus einem Kondensorteil 100, ausgebildet als Teilobjektiv, vor der Aperturblende 8, einem Zwischenteil 200 und einem Feldlinsenteil 300. In jedem dieser Teile ist eine Asphäre 7, 11, 17 vorgesehen. Das REMA-Objektiv hat also nur sieben Linsen. Die planen Flächen 9 und 14 haben nur Platzhalterfunktion. Im Bereich von 14 kann ein Umlenkspiegel (240 in Fig. 2) angeordnet werden.

Die Beschreibung der asphärischen Flächen erfolgt nach der Formel: $p(h) = (h^2/R + \sqrt{R^2 - (1+k)h^2}) + c_1 h^4 + \dots + c_n h^{2n+2}$. Dabei ist p die Pfeilhöhe, h der Abstand zur optischen Achse, R der Scheitelradius, k die konische Konstante und c_1 bis c_n sind die Asphärenkonstanten. Als asphärische Flächen werden dabei alle optischen Flächen mit einer rotationssymmetrischen Abweichung von der bestangepaßten Sphäre oberhalb von ca. 5 Mikrometer gesehen. Die nützlichen Asphärizitäten liegen vorwiegend in der Größenordnung 0,1 bis 1 mm (typisch bis 2 mm).

Das Objektiv bildet die Objektebene 1, in der das Reticle-Masking-System angeordnet wird, mit dem Objekt-Bild-Abstand von

1200 mm auf die Retikelebene 19 ab. Die Lufträume an der Objektebene 1, an der Blendenebene 8, zwischen dem Zwischenteil 200 und dem Feldlinsenteil 300, sowie an der Retikelebene 19 sind großzügig bemessen, so daß die dort anzuordnenden Teile - das REMA-System 90, Korrektürelemente in der Blendenebene, ein Umlenkspiegel 240 und das Handling-System 330 (vgl. Fig. 2) für das Retikel - problemlos untergebracht werden können.

Die Hauptfunktion eines REMA-Objektivs, die Abbildung einer Hell-Dunkel-Kante (Schneide der REMA-Blende) von der Objektebene 1 auf die Retikelebene 19 mit einem Kantenverlauf, dessen Helligkeitswerte 5 % und 95 % um weniger als 5 %, vorzugsweise weniger als 0,5 % des Bildfelddurchmessers auseinanderliegen, wird mit Abstand erfüllt: Der Abstand ist 0,4 % des Bildfelddurchmessers von 42,1 mm. Mit dieser Angabe ist ein integrales Maß für alle Bildfehler im gesamten Bildfeld gegeben, welches unmittelbar an der Funktion des REMA-Objektivs orientiert ist.

Diese gute Korrektur ist schwierig, da das REMA-Objektiv den beträchtlichen Lichtleitwert von 11,4 mm (Produkt aus dem Objektfelddurchmesser 19 mm und der objektseitigen numerischen Apertur $NAO = 0,6$) aufweist. Generell sind für derartige Objektive Lichtleitwerte größer als 10 mm erforderlich.

Die Vergrößerung des REMA-Objektivs ist 4,444 : 1.

Eine weitere Kernfunktion des REMA-Objektivs ist es, daß in jedem Punkt der Bildebene 19 der ankommende Hauptstrahl, d.h. der Schwerstrahl des auftreffenden Lichtkegels, sich nur wenig vom vorgegebenen Hauptstrahl eines nachfolgenden Projektionsobjektivs unterscheidet, und zwar um weniger als 3 mrad. Das ist gleichbedeutend mit der Forderung, daß in der Retikelebene 19 eine vorgegebene Pupillenfunktion - siehe Fig. 3 -, mit geringsten Abweichungen reproduziert werden muß. Wie Figur 4 zeigt, wird dies einwandfrei erreicht.

In Figur 3 ist der Sinus des Hauptstrahlwinkels $\sin(i)$ als Funktion der Bildhöhe YB in der Retikelebene 19 dargestellt, in der Figur 4 entsprechend die Abweichung $\sin(i)$, welche in einem Band von $\pm 0,11$ mrad um Null liegt.

Es wird von der Anpassung an doppeltelezentrische Projektionsobjektive ausgegangen, so daß das REMA-Objektiv bildseitig ebenfalls mit hoher Güte telezentrisch ist. Auch objektseitig ist es absolut telezentrisch.

Für die Anpassung maßgeblich ist die Ausführung der Feldlinsengruppe 300. Sie ist im Beispiel reduziert auf das Minimum von zwei Linsen, der Sammellinse 15, 16 und der zerstreuen Linse 17, 18. Die dabei notwendige Asphäre - sonst wären viele sphärische Elemente erforderlich - ist die Fläche 17. In diesem Bereich sind die Hauptstrahlhöhen größer als die Randstrahlhöhen.

Eine der Flächen, vorzugsweise die letzte Fläche 18, kann auch plan gemacht werden, so daß sie geeignet ist, einen Graufilter zur Steuerung der Intensitätsverteilung auf dem Retikel als dünne Schicht zu tragen.

Der Kondensorteil 100 ist als Teil-Objektiv ausgebildet, dessen Objektebene im Unendlichen liegt. Die Blende liegt in der Objektebene 1 des Gesamtobjektivs und die Bildebene in der Blende 8 des Gesamtobjektivs. Die Randstrahlen des Teilobjektivs entsprechen damit telezentrischen Hauptstrahlen des Gesamtobjektivs, die Hauptstrahlen des Teilobjektivs entsprechen den Randstrahlen des Gesamtobjektivs.

Das Bild dieses Teilobjektivs (Kondensorteil 100) in der Ebene der Blende 8 soll möglichst gut korrigiert sein, da damit in dieser Ebene 8 Korrekturalelemente untergebracht werden können und eine saubere Blendenfunktion erreicht wird. Demgemäß wird die Koma, ausgedrückt als Querabweichung, in ihrem Maximalwert kleiner als 1 %, vorzugsweise kleiner als 0,2 %, des Bildfelddurchmessers dieser Teilabbildung gemacht. Im Beispiel

erreicht werden 0,08 %. Dazu enthält das Kondensorteil mindestens eine zum Objekt 1 hin krumme Hohlfläche, für die das Öffnungsverhältnis von Krümmungsradius zu Linsendurchmesser nahe beim Minimum von 0,5 für die Halbkugel liegt. Im Beispiel ist der Wert an der Fläche 2 gleich 0,554. Generell ist er kleiner als 0,65 zu wählen.

Bei Verwendung von einer (wie in Figur 1) Asphäre 7 bis zweier Asphären reichen nun drei (2/3, 4/5, 6/7) bis vier Linsen zur Realisierung dieser Funktionen des Kondensorteils 100.

Der Zwischenteil 200 weist ebenfalls eine Asphäre 11 auf. Er kommt jetzt mit einem Linsenpaar 10/11, 12/13 aus, wobei die Fläche 13 folgende Bedingung erfüllt:

Sie ist eine krumme Hohlfläche mit $|\sin(i_{\text{Rand}})| \geq 0,8 \text{ NAO}$.

Diese Fläche 13 bewirkt also eine starke Brechung im Randbereich. Für das erfindungsgemäße REMA-Objektiv typisch ist dieser Randstrahlwinkel jedenfalls größer als 0,6 NAO.

Das erfindungsgemäße REMA-Objektiv weist also alle Funktionen des REMA-Objektivs nach der DE 195 48 805.9 auf, die Ausführung des Beispiels nach Figur 1 kann das dortige Ausführungsbeispiel der Figur 1 unmittelbar substituieren. Drastisch ist aber die Wirkung der wenigen Asphären 7, 11, 17:

Der Kondensorteil 100 schrumpft von 5 auf 3 Linsen, der Zwischenteil 200 kommt mit nur noch 2 nach 4 Linsen aus, und im Feldlinsenteil 300 halbiert sich die Linsenzahl ebenso auf 2. Insgesamt sind bei diesem Beispiel nur noch 7 Linsen vorhanden (maximal 10 bei anderen Ausführungen).

Der Glasweg, also die Summe aller Glasdicken der Linsen auf der optischen Achse, beläuft sich hier nur noch auf 235 mm gegenüber 396 mm bei der älteren Anmeldung, bei einem Objektiv-Bild-Abstand 1-19 von 1200 mm in beiden Fällen. Der Glasweg wird also um über 40 % reduziert, der Anteil an der Schnittweite beträgt nur noch 20 %, auch bei anderen Ausführungen stets nur bis zu 25-30 % der Schnittweite.

Die Transmission von hochwertigem Quarzglas bei 248 nm ist ca. 99,9 %/cm. Durch Alterungsprozesse (Strahlungsschäden, Farbzentrenbildung) reduziert sich der Wert im Lauf des Betriebs. An den Glas-Luft-Grenzschichten können mit hochwertigen Antireflexschichten bei 248 nm Transmissionsgrade von ca. 99,5 % erreicht werden.

Während das REMA-Objektiv nach DE 195 48 805.9 damit maximal 84,4 % Transmissionswirkungsgrad erreicht, liegt der Wert beim Beispiel Figur 1 immerhin bei 91,1 %.

Noch wichtiger wird diese Verbesserung des Transmissionswirkungsgrades bei Systemen für niedrigere Wellenlängen, beispielsweise 193 nm, da dort die Transmission von Quarz (und auch von möglichen Alternativen) deutlich abfällt und die Ausführung von Antireflexschichten schwieriger ist. Gleichzeitig fallen die Materialkosten noch mehr ins Gewicht und wird die Laserleistung teurer und damit werden auch die Lichtverluste teurer.

Da die vorliegende Konstruktion unter Berücksichtigung des geänderten Brechungsindex an die Verhältnisse bei anderen, speziell niedrigeren, Wellenlängen angepaßt werden kann, ist die Erfindung für diese Entwicklung zu niedrigeren Wellenlängen besonders wertvoll.

Figur 2 zeigt einen schematischen Überblick über den optischen Teil einer gesamten Projektionsbelichtungsanlage (Wafer-Stepper), in die das erfindungsgemäße REMA-Objektiv 123 integriert ist.

Ein KrF-Excimer-Laser 50 mit 248 nm Wellenlänge dient als Lichtquelle. Eine Einrichtung 60 dient zur Strahlformung und Kohärenzreduktion. Ein Zoom-Axicon-Objektiv 70 ermöglicht die bedarfsgerechte Einstellung verschiedener Beleuchtungsarten. Es ist, wie die gesamte Anordnung (außer den erfindungsgemäßen Merkmalen des REMA-Objektivs 123) beispielsweise aus der

EP-A 0 687 956 oder aus DE-U 94 09 744 (beide von der Anmelderin) bekannt. Das Licht wird in den Glasstab 80 eingekoppelt, der zur Mischung und Homogenisierung dient.

Unmittelbar daran schließt das Retikel-Maskierungssystem 90 an, das in der Objektebene 1 des REMA-Objektivs 123 liegt. Dieses besteht aus der ersten Linsengruppe 100, der Pupillenebene (Blendenebene) 14, der zweiten Linsengruppe 200, dem Umlenkspiegel 240, der dritten Linsengruppe 300 und der Bildebene 33. Hier ist das Retikel 330 angeordnet, das von der Wechsel- und Justiereinheit 331 präzise positioniert wird. Es folgt das katadioptrische Projektionsobjektiv 400 nach WO 95/32446 mit der Pupillenebene 410. Die Eintrittspupille liegt im Ausführungsbeispiel der Tabellen 1 und 2 allerdings nahezu im Unendlichen vor dem Projektionsobjektiv. In der Bildebene ist der Wafer 500 angeordnet.

Figur 5 zeigt den Linsenschnitt eines anderen Ausführungsbeispiels mit 4 Asphären 505, 509, 514, 520 und insgesamt 18 Grenzflächen von 8 Linsen und einer Planplatte 521, 522. Tabelle 2 gibt dazu die Abmessungen an. Die Flächen 511 und 516 haben nur Statthalterfunktion. Abbildungsmaßstab (4,730 : 1) und Bildfeld (Durchmesser 127 mm) unterscheiden sich hier nicht wesentlich vom Beispiel Figur 1. Größer ist allerdings der Lichtleitwert mit 16,2 mm.

Auch hier ist schon die Linsenzahl und der Glasweg mit 22 % des Objekt-Bild-Abstands gegenüber einem rein sphärischen Design drastisch reduziert. Wie der Vergleich mit Figur 1 zeigt, birgt aber gerade der Kondensorteil 550 mit hier 4 Linsen, davon 2 Asphären 505, 509, noch Verbesserungsmöglichkeiten. Trotzdem ist die Verbesserung im Vergleich zum rein sphärischen REMA-Objektiv schon beträchtlich, bei mäßigem Einsatz von Asphären.

Tabelle 1

Maßstab: 4,444 : 1

Wellenlänge: 248,33 nm

	Radius	Dicke	Material
1		55,240	
2	-38,258	46,424	Quarz
3	-66,551	,633	
4	881,696	45,341	Quarz
5	-190,791	,924	
6	374,111	47,958	Quarz
7	-287,518	222,221	
8	Blende	17,900	
9	∞	79,903	
10	164,908	52,350	Quarz
11	-1246,141	27,586	
12	280,226	19,580	Quarz
13	114,495	133,941	
14	∞	365,253	
15	-216,480	12,551	Quarz
16	-113,446	1,399	
17	-329,056	10,797	Quarz
18	-552,687	60,000	
19	∞	,000	

Fläche Asphärische Konstanten

7	K = -,00640071 C1 = ,347156E-07 C2 = ,802432E-13 C3 = -,769512E-17 C4 = ,157667E-21			
11	K = +,00104108 C1 = ,431697E-07 C2 = -,564977E-13 C3 = -,125201E-16 C4 = ,486357E-21			
17	K = +,00121471 C1 = -,991033E-07 C2 = -,130790E-11 C3 = -,414621E-14 C4 = ,200482E-17 C5 = -,392671E-21			

Tabelle 2

Maßstab: 4,730 : 1

Wellenlänge: 248,33 nm

	Radius	Dicke	Material
501	∞	49,615	
502	-36,076	39,343	Quarz
503	-58,772	7,280	
504	769,933	46,491	Quarz
505	-154,827	24,882	
506	251,853	42,379	Quarz
507	-5038,206	177,092	
508	1206,092	26,134	Quarz
509	-382,601	2,521	
510	Blende	16,000	
511	∞	48,808	
512	220,678	54,515	Quarz
513	-329,344	23,787	
514	-2544,603	12,265	Quarz
515	107,244	178,887	
516	∞	312,788	
517	-634,092	24,232	Quarz
518	-177,052	24,158	
519	-1168,238	15,641	Quarz
520	-3520,690	9,182	
521	∞	4,000	Quarz
522	∞	60,000	
523	∞	,000	

Fläche Asphärische Konstanten

505 $K = -,11512040$ $C1 = ,36489383E-07$ $C2 = ,16169445E-11$
 $C3 = -,70228033E-16$ $C4 = ,36695356E-20$

509. $K = -,01464591$ $C1 = ,37060030E-07$ $C2 = ,92577260E-12$
 $C3 = -,10037407E-16$ $C4 = ,29843433E-20$

514 $K = +,00003903$ $C1 = -,13705523E-08$ $C2 = -,90824867E-12$
 $C3 = ,81297785E-16$ $C4 = -,56418498E-20$

520 $K = -,000150010$ $C1 = ,17085177E-07$ $C2 = ,18373060E-10$
 $C3 = -,49871601E-14$ $C4 = ,61193181E-18$
 $C5 = -,23186913E-22$

Patentansprüche:

1. REMA-Objektiv mit drei- bis achtfacher Vergrößerung, einem Lichtleitwert größer als 10 mm, bei dem die Abbildung einer Hell-Dunkel-Kante von der Objektebene (1) auf die Retikelebene (19) einen Kantenverlauf ergibt, dessen Helligkeitsswerte 5 % und 95 % um weniger als 2 %, vorzugsweise weniger als 0,5 %, des Bildfelddurchmessers auseinanderliegen, dadurch gekennzeichnet, daß nicht mehr als 10 Linsen, dabei 1 bis 5, vorzugsweise 3 bis 4, asphärische Flächen (7, 11, 17), vorgesehen sind.
2. REMA-Objektiv, das eine in endlichem Abstand liegende Objektebene (1) auf eine Retikelebene (19) abbildet,
 - mit einem Kondensorteil (100), ausgebildet als vorderes Teilobjektiv, dessen Bildebene im Unendlichen liegt, dessen Blende in der Objektebene (1) des gesamten REMA-Objektivs liegt,
 - mit einem Zwischenteil (200) und
 - mit einem Feldlinsenteil (300),dadurch gekennzeichnet, daß Kondensorteil (100), Zwischenteil (200) und Feldlinsenteil (300) je eine bis zwei asphärische Linsenflächen (7, 11, 17) enthalten, wobei insgesamt nicht mehr als fünf, vorzugsweise nicht mehr als vier, asphärische Flächen (7, 11, 17) vorhanden sind, und daß die Gesamtzahl der Linsen maximal 10 ist.
3. REMA-Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Glasweg in den Linsen maximal 30 %, vorzugsweise maximal 25 %, des Abstandes von Objektebene (1) und Retikelebene (19) beträgt.
4. REMA-Objektiv nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine optische Fläche mit einem größten Betrag des Sinus des Auftreffwinkels gegen die Flächennormale eines Randstrahls in Luft

- ($|\sin(i_{\text{Rand}})|$) größer als das 0,6-fache, vorzugsweise größer als das 0,8-fache der objektseitigen numerischen Apertur (NAO) vorhanden ist.
5. REMA-Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Teilobjektiv (100) enthält, welches eine hinsichtlich der Koma korrigierte Pupillenebene (14) erzeugt.
 6. REMA-Objektiv nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Teilobjektiv (100) mindestens eine zur Objektebene (1) hin gekrümmte Hohlfläche (4) aufweist, an der das Öffnungsverhältnis von Krümmungsradius zu Linsendurchmesser kleiner als 0,65 ist.
 7. REMA-Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-6, gekennzeichnet durch die Verwendung in einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, in der die Retikel-Maskierung (90) am Ausgang eines Glasstabs (80) angeordnet ist.
 8. REMA-Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-7, gekennzeichnet durch die Verwendung in einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, in der das Projektionsobjektiv (400) ein verkleinerndes katadioptrisches Objektiv ist.
 9. REMA-Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es aus einem Kondensorteil (100), ausgebildet als vorderes Teilobjektiv, dessen Bildebene im Unendlichen liegt, dessen Blende in der Objektebene (1) des gesamten REMA-Objektivs liegt, einem Zwischenteil (200) und einem Feldlinsenteil (300) aufgebaut ist.
 10. REMA-Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es drei- bis achtfache Vergrößerung aufweist.

11. REMA-Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Bildfelddurchmesser größer als 80 mm aufweist.
12. REMA-Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es eine bildseitige numerische Apertur von über 0,10 aufweist.
13. REMA-Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Lichtleitwert größer als 10 mm hat.
14. REMA-Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung einer Hell-Dunkel-Kante von der Objektebene (1) auf die Retikelebene (19) einen Kantenverlauf ergibt, dessen Helligkeitswerte 5 % und 95 % um weniger als 2 %, vorzugsweise weniger als 0,5 %, des Bildfelddurchmessers auseinanderliegen.
15. REMA-Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, daß es eine vorgegebene Pupillenfunktion mit Werten des $\sin(i)$ im Bereich ± 10 mrad mit Abweichungen unter ± 1 mrad, insbesondere unter $\pm 0,3$ mrad reproduziert.
16. Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung enthaltend ein vergrößerndes REMA-Objektiv (123) und mit einem verkleinerndem Projektionsobjektiv (400), wobei die Pupillenebene (12) des REMA-Objektivs (123) in die Pupillenebene (410) des Projektionsobjektivs (400) abgebildet wird und in jedem Punkt der Retikelebene (330) der ankommende Hauptstrahl des REMA-Objektivs (123) nur weniger als 3 mrad, vorzugsweise weniger als 0,3 mrad, vom Hauptstrahl des Projektionsobjektivs (400) abweicht, dadurch gekennzeichnet, daß das REMA-Objektiv (123) maximal 10 Linsen mit maximal 5, vorzugsweise maximal 4, asphärischen Flächen aufweist.

FIG. 1

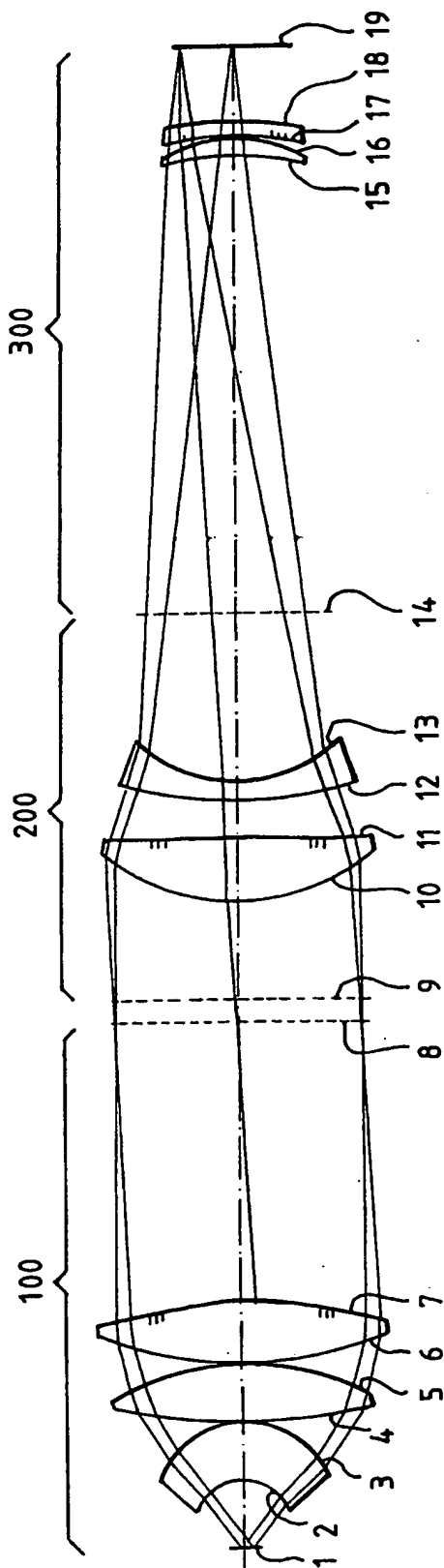
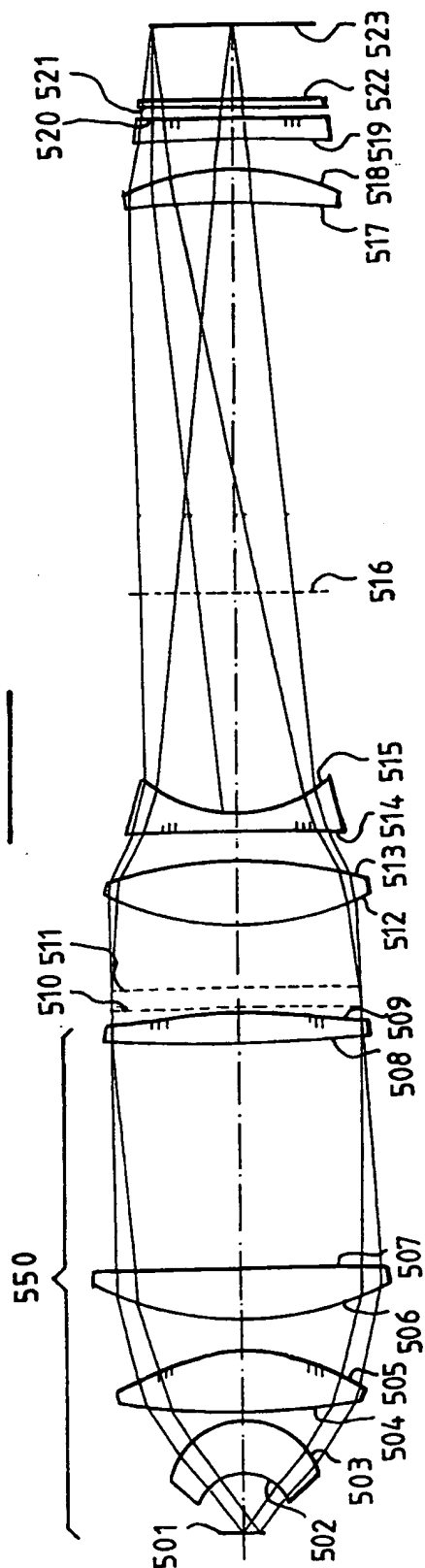


FIG. 5



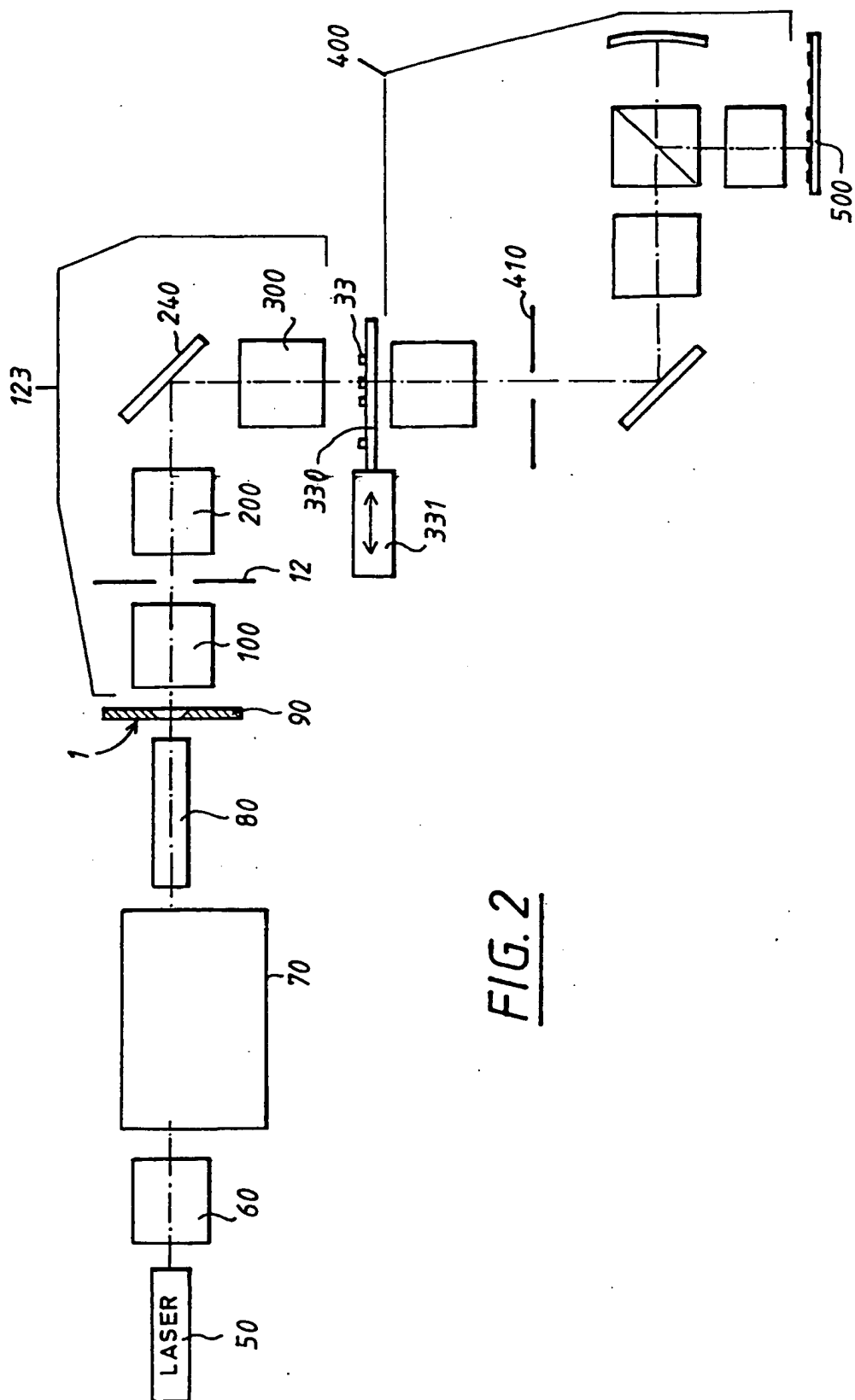
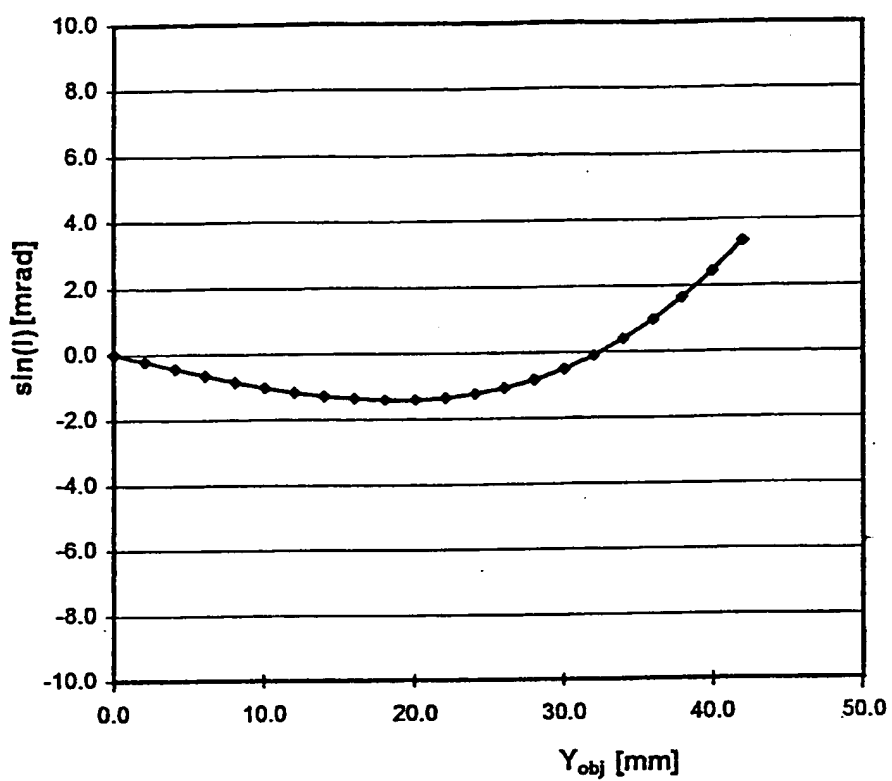
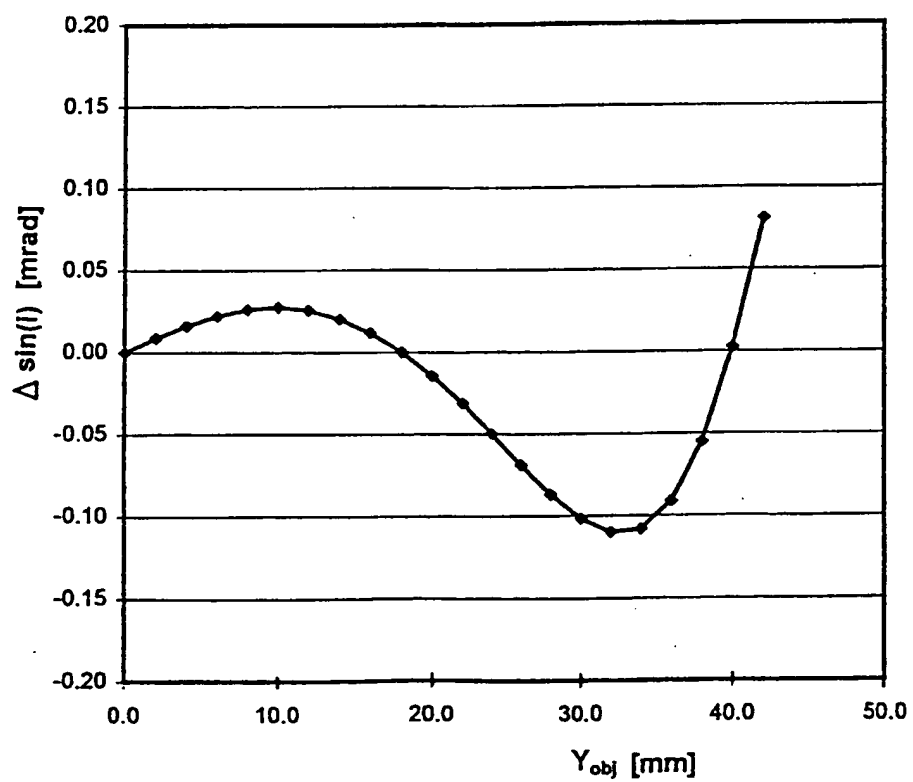


FIG. 2

3 / 3

FIG. 3FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/06760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B13/18 G02B13/22 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, Y	DE 195 48 805 A (ZEISS CARL FA) 3 July 1997 cited in the application	1, 4-9, 16
A	see the whole document	2, 3, 10-15
Y	NOMURA N ET AL: "ARF QUARTER-MICRON PROJECTION LITHOGRAPHY WITH AN ASPHERICAL LENS SYSTEM" MICROELECTRONIC ENGINEERING, vol. 11, no. 1 / 04, 1 April 1990, pages 183-186, XP000134584 see the whole document	1, 4-9, 16
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 April 1998

Date of mailing of the international search report

17/04/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

THEOPISTOU, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/06760

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 4 906 080 A (OMATA TAKASHI) 6 March 1990</p> <p>see column 4, line 57 - column 8, line 33; figures 7-11</p>	1,2,5,7-9,15,16
A	<p>EP 0 564 264 A (CANON KK) 6 October 1993</p> <p>see column 6, line 46 - column 7, line 36 see column 10, line 7 - column 11, line 52; figures 2,3,9-12</p>	1,2,7,8,16
A	<p>WO 95 32446 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE); FUERTER GERD (DE)) 30 November 1995 cited in the application see page 3, paragraph 2 - page 9, paragraph 3; figures 1-3</p>	1,2,5-13,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/06760

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19548805 A	03-07-97	EP 0783137 A JP 9197270 A	09-07-97 31-07-97
US 4906080 A	06-03-90	JP 62266513 A	19-11-87
EP 0564264 A	06-10-93	JP 5283317 A US 5345292 A US 5726740 A	29-10-93 06-09-94 10-03-98
WO 9532446 A	30-11-95	DE 4417489 A EP 0710369 A JP 9500986 T	23-11-95 08-05-96 28-01-97

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06760

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G02B13/18 G02B13/22 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, Y	DE 195 48 805 A (ZEISS CARL FA) 3. Juli 1997 in der Anmeldung erwähnt	1, 4-9, 16
A	siehe das ganze Dokument	2, 3, 10-15
Y	NOMURA N ET AL: "ARF QUARTER-MICRON PROJECTION LITHOGRAPHY WITH AN ASPHERICAL LENS SYSTEM" MICROELECTRONIC ENGINEERING, Bd. 11, Nr. 1 / 04, 1. April 1990, Seiten 183-186, XP000134584 siehe das ganze Dokument	1, 4-9, 16
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. April 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/04/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

THEOPISTOU, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 906 080 A (OMATA TAKASHI) 6.März 1990 siehe Spalte 4, Zeile 57 - Spalte 8, Zeile 33; Abbildungen 7-11 -----	1,2,5, 7-9,15, 16
A	EP 0 564 264 A (CANON KK) 6.Oktober 1993 siehe Spalte 6, Zeile 46 - Spalte 7, Zeile 36 siehe Spalte 10, Zeile 7 - Spalte 11, Zeile 52; Abbildungen 2,3,9-12 -----	1,2,7,8, 16
A	WO 95 32446 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE); FUERTER GERD (DE)) 30.November 1995 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 3, Absatz 2 - Seite 9, Absatz 3; Abbildungen 1-3 -----	1,2, 5-13,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06760

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19548805 A	03-07-97	EP 0783137 A JP 9197270 A	09-07-97 31-07-97
US 4906080 A	06-03-90	JP 62266513 A	19-11-87
EP 0564264 A	06-10-93	JP 5283317 A US 5345292 A US 5726740 A	29-10-93 06-09-94 10-03-98
WO 9532446 A	30-11-95	DE 4417489 A EP 0710369 A JP 9500986 T	23-11-95 08-05-96 28-01-97

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.